

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 679 682

②1 N° d'enregistrement national :

91 09324

⑤1 Int Cf : G 08 G 1/00; B 61 L 25/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 22.07.91.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 29.01.93 Bulletin 93/04.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : INSTITUT NATIONAL DE  
RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS ET LEUR  
SECURITE (I.N.R.E.T.S.) - (Etablissement public à  
caractère administratif et technique) — FR et VELEC  
(Société Anonyme) — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Motyka Vincent, Blosseville Jean-Marc,  
Lenoir François, Bouzar Salam et Huriau Alain.

⑦3 Titulaire(s) :

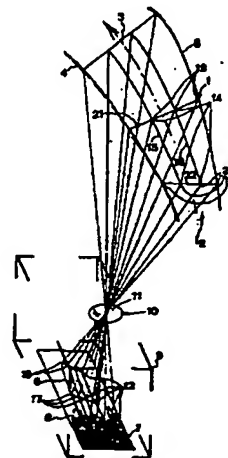
⑦4 Mandataire : Abritt.

⑤4 Procédé pour détecter les changements de l'état d'occupation d'une voie.

⑤7 La présente invention concerne les procédés pour dé-  
tecter le changement de l'état d'occupation d'une portion 1  
de voie 2 apte à être parcourue par des objets suivant son  
axe 3 et suivant une trajectoire sensiblement imposée.

Le procédé selon l'invention se caractérise essentielle-  
ment par le fait qu'il consiste à former une image réelle 6  
de la portion de voie sur des points photosensibles 7 déli-  
vrant des signaux fonction du rayonnement reçu, à sélec-  
tionner, parmi les points photosensibles 7, un groupe de  
points photosensibles 12 correspondant à des points de la  
portion de voie localisés sur une pluralité de lignes 15, 16  
sensiblement parallèles à la trajectoire 3, et à analyser l'en-  
semble des signaux délivrés par les points photosensibles  
12 du groupe sélectionné, pour en déduire l'état d'occu-  
pation de la portion de voie.

Application: détermination du degré d'occupation d'une  
route parcourue par des véhicules automobiles.



FR 2 679 682 - A1



TEST AMPLIABLE COPY

Procédé pour détecter les changements de l'état  
d'occupation d'une voie

La présente invention concerne les procédés pour détecter les changements de l'état d'occupation d'une portion de voie apte à être parcourue par des objets suivant son axe, par exemple pour évaluer les variations de la densité du trafic sur cette portion de voie.

- 05 Le trafic, notamment des véhicules automobiles, ne cesse d'augmenter depuis quelques années et cette augmentation n'est pas suivie, dans certaines régions, d'une évolution adaptée du réseau routier. Ceci fait que, dans certaines circonstances, il se produit des engorgements nuisant incontestablement à la circulation. Il a donc  
10 été pensé qu'il pourrait être remédié à ces inconvénients en modulant la circulation des véhicules sur certaines portions de voies, notamment après avoir évalué la densité de leur trafic automobile par la mesure de l'état d'occupation de leur sol.

- Pour pouvoir effectuer ces mesures et contrôles, il a été  
15 nécessaire de réaliser des capteurs pouvant donner une image de la circulation des véhicules. De nombreux capteurs ont été mis au point. Il a par exemple été élaboré un capteur comportant des récepteurs photosensibles associés à des rayons lumineux dirigés vers les voies parcourues par les véhicules et renvoyés par des surfaces  
20 réfléchissantes disposées à cet effet sur les chaussées, ces récepteurs photosensibles délivrant à leurs sorties des signaux chaque fois qu'un véhicule coupe les faisceaux lumineux.

- Cette technique donne de bons résultats. Mais les signaux délivrés ne sont représentatifs que du trafic en un point déterminé et  
25 les capteurs utilisés ne sont pas d'une utilisation souple car ils nécessitent de fixer des éléments sur la chaussée, à des emplacements bien définis. Ces éléments ne peuvent donc être déplacés sans problèmes et, lorsqu'ils sont mis en place, ils imposent des interventions fréquentes, ne serait-ce que pour le nettoyage de leurs  
30 surfaces réfléchissantes.

D'autres capteurs ont été réalisés pour augmenter la surface de surveillance. Tel est le cas d'un capteur constitué par une boucle

magnétique noyée dans la chaussée. Ce capteur permet de pallier une partie des inconvénients mentionnés ci-avant mais son utilité reste encore trop ponctuelle, par la fait même qu'il reste lié à un endroit déterminé de la chaussée.

- 05 Il a également été mis au point un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé décrit dans le Brevet EP-A-0 277 050. Selon ce procédé, il est tout d'abord formé une image réelle principale de la portion de voie, dans un plan formant un angle non nul avec celui de cette portion de voie. Cette image principale est ensuite décomposée
- 10 en une pluralité de points et on détermine la relation entre la dimension d'une longueur unitaire prise sensiblement au niveau de la portion de voie et la dimension de son image formée dans l'image principale, en fonction du nombre de points recouverts par l'image et de l'emplacement de la longueur unitaire sur la portion de voie. Il
- 15 est en outre déterminé une image secondaire dans l'image principale, cette image secondaire correspondant à un repère longitudinal lié au véhicule se trouvant sur la portion de voie, les différentes positions successives de l'image secondaire étant définies par corrélation du nombre de points recouverts par cette image secondaire, sachant que
- 20 cette image secondaire correspond, suivant ladite relation, à une longueur constante au niveau de la portion de voie.

Le dispositif décrit dans ce Brevet Européen donne de très bons résultats et permet de déterminer un très grand nombre de paramètres définissant la densité du trafic sur une portion de voie.

- 25 Il est cependant trop onéreux ou trop complexe pour certaines applications, ce qui limite son utilisation.

- Il a été aussi mis au point un autre dispositif relativement plus simple, comme celui décrit dans le US-A-4 258 351. Celui-ci comporte une série de cellules photosensibles réparties sur le plan
- 30 focal d'une lentille convergente. Chaque cellule est constituée par une barrette, et chaque barrette est déterminée pour que sa longueur soit égale à la largeur de l'image de la voie formée par la lentille. Cette longueur suit donc la loi de la perspective de la voie.

- Cette technique présente l'avantage d'une mise en oeuvre
- 35 facile, mais présente également des inconvénients : il faut une réalisation pour chaque voie et on n'obtient qu'un seul signal par

ligne transversale à la voie, ce qui rend l'interprétation de ces signaux très difficile.

La présente invention a pour but de mettre en oeuvre un procédé pour détecter le changement de l'état d'occupation d'une  
05 portion de voie apte à être parcourue par des objets suivant son axe, par exemple pour déterminer la densité du trafic automobile sur cette portion de voie, qui soit facile à mettre en oeuvre et n'implique pas l'utilisation d'un matériel onéreux et d'un système de calcul compliqué.

10 Plus précisément, la présente invention a pour objet un procédé pour détecter le changement de l'état d'occupation d'une portion de voie apte à être parcourue par des objets suivant son axe et suivant une trajectoire sensiblement imposée, caractérisé par le fait qu'il consiste :

15 - à former une image réelle de ladite portion de voie sur une pluralité de points photosensibles, lesdits points photosensibles étant aptes à délivrer des signaux en fonction de la quantité de rayonnement reçue sur leur surface photosensible,

- à sélectionner un groupe de points photosensibles dans  
20 ladite pluralité de points photosensibles, ce groupe de points sélectionné correspondant à des points de ladite portion de voie localisés sur une pluralité de lignes imaginaires principales, lesdites lignes imaginaires principales se situant au niveau du plan de ladite portion de voie et étant toutes sensiblement parallèles à  
25 l'axe de ladite trajectoire, et

- à analyser l'ensemble des signaux délivrés par lesdits points photosensibles dudit groupe sélectionné, pour en déduire le changement de l'état d'occupation de ladite portion de voie.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente  
30 invention apparaîtront au cours de la description suivante donnée en regard des dessins annexés à titre illustratif, mais nullement limitatif, dans lesquels :

- les Figures 1 et 2 représentent des schémas permettant d'explicitier la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, et

35 - la Figure 3 représente des courbes donnant un exemple de résultats obtenus avec le procédé selon l'invention.

Il est tout d'abord précisé que les Figures représentent un même ensemble d'éléments permettant d'expliciter une mise en oeuvre du procédé selon l'invention. En conséquence, les mêmes références y désignent les mêmes éléments, quelle que soit la Figure sur laquelle elles apparaissent.

Le procédé selon l'invention permet de détecter le changement de l'état d'occupation d'une portion 1 de voie 2 apte à être parcourue par tout objet suivant une trajectoire sensiblement imposée, bien que ce procédé trouve une application particulièrement avantageuse pour la détection du changement de l'état d'occupation d'une voie de circulation de véhicules, notamment automobiles.

Ce procédé s'applique en effet plus spécifiquement au déplacement de véhicules sur une voie, suivant une trajectoire 3 sensiblement prédéterminée, par exemple entre deux lignes 4, 5 matérialisées sur le sol, comme cela est bien connu sur les routes.

Ceci étant précisé, le procédé consiste tout d'abord à former une image réelle 6 de la portion 1 de voie 2 qui doit être surveillée. Cette image est formée sur une pluralité de points photosensibles 7, chacun de ces points étant aptes à délivrer des signaux fonction de la quantité de rayonnement reçu sur leur surface photosensible.

Dans une réalisation avantageuse, ces points photosensibles sont ceux d'une cible 8 d'une caméra vidéo 9 dont l'objectif 10 est équivalent à une lentille 11 schématisée sur la Figure 1. La cible 8 est alors constituée d'une pluralité de points photosensibles 7 bien connus en eux-mêmes et que les techniciens dénomment "pixels". L'avantage de ces pixels est qu'il peuvent être lus très facilement et très rapidement par la technique vidéo du balayage "ligne par ligne", chaque pixel ayant une adresse parfaitement définie dans un repère orthonormé défini dans le plan de la cible 8 représenté seul sur la Figure 2.

Parmi cette pluralité de points photosensibles 7, selon le procédé, il est ensuite sélectionné un groupe de points photosensibles 12 correspondant, dans l'image 6, à des points 14 de la portion 1 de voie 2 localisés sur une pluralité de lignes imaginaires 15, 16, ... dites "principales" sur la portion de voie (seules deux de ces lignes ont été représentées sur la Figure 1 pour la simplification des

dessins). Ces lignes sont déterminées de façon à être situées dans le plan de la portion de voie et sensiblement toutes parallèles à l'axe 3 de la voie 2. Il est bien précisé que, lorsque l'on détermine des lignes parallèles à l'axe 3 de la voie, cela signifie que chaque ligne  
05 15, 16, ... suit l'axe de la voie à une distance constante de cet axe, même si l'axe de la voie n'est pas une ligne droite comme cela apparaît sur la Figure 1. Bien entendu, ces lignes imaginaires n'ont été matérialisées sur les Figures que dans le souci de mieux faire comprendre le procédé selon l'invention.

10 Enfin, dans une fonction première, le procédé consiste à analyser l'ensemble des signaux délivrés par les points photosensibles 12 du groupe de points sélectionné pour en déduire le changement de l'état d'occupation de la voie.

Dans un mode de réalisation avantageux qui permet de mettre en  
15 oeuvre le procédé à l'aide de moyens de structure simple, les surfaces de réception des points photosensibles 12 du groupe sélectionné ont toutes sensiblement les mêmes dimensions. De cette façon, les signaux délivrés par les points du groupe sélectionné sont facilement comparables.

20 Dans ce cas en effet, le procédé consiste avantageusement, ensuite, à décomposer le groupe de points photosensibles 12 sélectionné comme défini ci-avant en une pluralité de sous-groupes de points photosensibles 17, 18, ... correspondant à des points 19, 20, ... de la portion 1 de voie 2 situés à l'intersection des lignes  
25 imaginaires 15, 16, ... principales et, respectivement, de lignes imaginaires secondaires 21, 22, ... sensiblement perpendiculaires aux lignes imaginaires principales et donc à l'axe 3 de la trajectoire des véhicules.

L'analyse des signaux délivrés telle que définie ci-dessus  
30 consiste alors, tout d'abord, à effectuer une moyenne des valeurs des signaux délivrés, à des instants donnés, par les points de chaque sous-groupe, puis à comparer les moyennes ainsi calculées pour chaque sous-groupe, et enfin à déduire, de cette comparaison, le changement de l'état d'occupation de la portion 1 de voie 2.

35 Afin d'obtenir les meilleures informations possible sur la densité du trafic sur une portion de voie donnée, il est avantageux de

favoriser la surveillance de la partie de voie prioritairement parcourue par les véhicules, c'est-à-dire le milieu de la portion de voie quand elle est en ligne droite et l'un de ses bords quand elle est en courbe.

05 Le procédé selon l'invention permet d'effectuer en ce sens la surveillance du trafic, en attribuant à certains points des sous-groupes des valeurs préférentielles. Pour cela, à chaque point photosensible d'un sous-groupe est associé un coefficient multiplicateur de la valeur du signal émis par ce point, ce  
10 coefficient étant fonction de la probabilité de passage préférentiel des corps sur le point de la voie qui a pour image le point photosensible associé à ce coefficient. Par exemple, quand la voie est droite, les points du milieu ont un coefficient multiplicateur plus important que ceux situés sur les bords, parce que les conducteurs  
15 passent dans ce cas préférentiellement au milieu de la voie. Par contre, quand la voie est courbe, ce sont les points qui sont situés à l'intérieur de la courbe qui sont privilégiés en leur attribuant un coefficient plus élevé qu'à ceux qui sont situés vers l'extérieur du virage.

20 Les valeurs de ces coefficients seront déterminées par expérimentation, cette détermination ne présentant en elle-même aucune difficulté.

Dans une mise en oeuvre avantageuse du procédé, la comparaison des valeurs moyennes définies ci-avant consiste à calculer les  
25 différences entre ces valeurs.

Le procédé selon l'invention permet de déterminer avec une assez bonne précision le changement d'état d'occupation d'une voie de circulation parcourue par exemple par des véhicules automobiles.

Un exemple de sa mise en oeuvre est donné ci-après.

30 Il est supposé que l'on veuille surveiller la densité du trafic sur la portion 1 de voie 2.

De cette portion de voie, on réalise d'abord, comme mentionné ci-avant, une image réelle 6, par exemple au moyen d'une caméra de télévision 9.

35 On détermine ensuite les nombres de lignes imaginaires principales 15, 16, ... et secondaires 21, 22, ... adaptés à la

dimension de la portion de voie surveillée et à la précision désirée pour les résultats.

05 Les points photosensibles des groupes et sous-groupes sont alors localisés dans l'ensemble des points photosensibles de la cible de la caméra et parfaitement adressés dans le repère orthonormé. Les signaux délivrés par ces points photosensibles sélectionnés sont mémorisés et traités dans un ordinateur connecté à la sortie de la caméra 9, au moyen d'un logiciel adapté et avantageusement de façon séquentielle.

10 Dans une mise en oeuvre préférentielle du procédé, à l'instant  $t_1$ , on met en mémoire l'ensemble des signaux délivrés par les points des groupes sélectionnés. Puis, on calcule la moyenne 23, 24, 25, ... des valeurs de ces signaux pour les points de chacun des sous-groupes 17, 18, ... Sur la Figure 3A sont ainsi représentées les différentes  
15 valeurs de ces moyennes à l'instant  $t_1$ .

La courbe 26 qui intègre ces différentes valeurs de moyennes est représentative de la variation du rayonnement des points au niveau de la portion de voie surveillée en fonction de la position de ces points suivant l'axe de cette portion de voie, à l'instant  $t_1$ .

20 Il est à remarquer que, de cette seule courbe 26, il est impossible de déterminer l'état d'occupation de la portion de voie, et encore moins de détecter s'il y a un changement dans cet état. Cette courbe n'est simplement révélatrice que de l'existence de variations de luminosité au niveau de la voie.

25 Pour déterminer s'il y a une variation de l'état d'occupation de cette portion de voie, il est nécessaire d'obtenir d'autres courbes 26 à d'autres instants  $t_2$ ,  $t_3$ , ...

La première séquence des valeurs moyennes déterminées à l'instant  $t_1$  est donc mise en mémoire, pour attendre les séquences  
30 suivantes effectuées à une cadence qui sera fonction de la précision voulue.

Les courbes 3B, 3C, 3D et 3E intègrent les séquences des valeurs moyennes définies comme ci-avant, respectivement aux instants  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  et  $t_5$ .

35 En comparant les différentes courbes on peut constater que, entre les différentes séquences, certains gradients de luminosité se



sont déplacés suivant l'axe 3 de la voie. Ceci peut s'interpréter comme une occupation de la portion de voie par autant de véhicules qui se sont déplacés.

05 Dans l'exemple donné, les courbes s'interprètent de la façon suivante:

De la comparaison des deux courbes A et B de la Figure 3, on déduit que, entre les instants  $t_1$  et  $t_2$ , il y a eu un déplacement, dans le sens de la trajectoire d'un mobile sur la voie 2, de deux gradients de luminosité 31-1 et 32-1 en 31-2 et 32-2, montrant un  
10 changement d'état d'occupation de la portion 1 de voie 2 permettant de conclure avec une très grande probabilité à la présence de deux véhicules se déplaçant sur la portion de voie.

De plus, le déplacement comparé des gradients 31 et 32 permet d'estimer que le véhicule auquel est attaché le gradient 31 se déplace  
15 moins vite que le véhicule auquel est attaché le gradient 32.

De l'analyse des courbes 3C et 3D, il peut même être déduit que, entre les instants  $t_3$  et  $t_4$ , le véhicule auquel était attaché le deuxième gradient 32 a quitté la portion 1 de voie 2. Par contre, de l'apparition d'un troisième gradient 33 sur la courbe 3E, on peut  
20 conclure à l'entrée d'un autre véhicule sur cette portion de voie.

Sur les cinq courbes de la Figure 3, on remarque la présence de gradients 40, 41 sensiblement statiques qui peuvent n'être attribués qu'à des objets, ou autres choses, fixes sur la portion de voie, par exemple des taches de différentes couleurs sur le sol.

25 Par contre, si un gradient lumineux avait d'abord été déterminé comme se déplaçant, puis était resté immobile lors des séquences suivantes consécutives, de cette immobilité on aurait pu conclure à l'arrêt d'un véhicule et il pourrait même être prévu, pour ce cas, d'induire un signal d'alarme montrant qu'il y a une anomalie  
30 sur cette portion de voie.

Il est apparent que le procédé décrit ci-dessus présente des avantages certains, du fait essentiellement de sa simplicité. Il demande notamment un logiciel de traitement beaucoup plus simple que ceux de l'art antérieur et, pour sa mise en oeuvre, il suffit d'un  
35 dispositif ne comprenant qu'une caméra et un ordinateur dont les performances n'ont pas besoin d'être très poussées.

## REVENDICATIONS

1. Procédé pour détecter le changement de l'état d'occupation d'une portion de voie apte à être parcourue par des objets suivant son axe et suivant une trajectoire sensiblement imposée, caractérisé par le fait qu'il consiste :

05       - à former une image réelle (6) de ladite portion (1) de voie (2) sur une pluralité de points photosensibles (7), lesdits points photosensibles étant aptes à délivrer des signaux en fonction de la quantité de rayonnement reçue sur leur surface photosensible,

10       - à sélectionner un groupe de points photosensibles (12) dans ladite pluralité de points photosensibles, ce groupe de points sélectionné correspondant à des points (14) de ladite portion de voie localisés sur une pluralité de lignes imaginaires principales (15,16), lesdites lignes imaginaires principales se situant au niveau du plan de ladite portion de voie et étant toutes sensiblement parallèles à  
15 l'axe de ladite trajectoire (3), et

      - à analyser l'ensemble des signaux délivrés par lesdits points photosensibles dudit groupe sélectionné, pour en déduire le changement de l'état d'occupation de ladite portion de voie.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait  
20 que les surfaces photosensibles de réception desdits points photosensibles ont des dimensions sensiblement de même valeur.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait qu'il consiste en outre à décomposer ledit groupe de points photosensibles (12) sélectionné en une pluralité de sous-  
25 groupes de points photosensibles (17,18) correspondant à des points (19,20) de la portion de voie situés à l'intersection desdites lignes imaginaires principales (15,16) et, respectivement, de lignes imaginaires secondaires (21,22) sensiblement perpendiculaires aux lignes imaginaires principales

30       4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que ladite analyse consiste :

      - à effectuer une moyenne (23,24,25) des valeurs des signaux délivrés, à des instants donnés (t1, t2, ...), par les points (17,18)

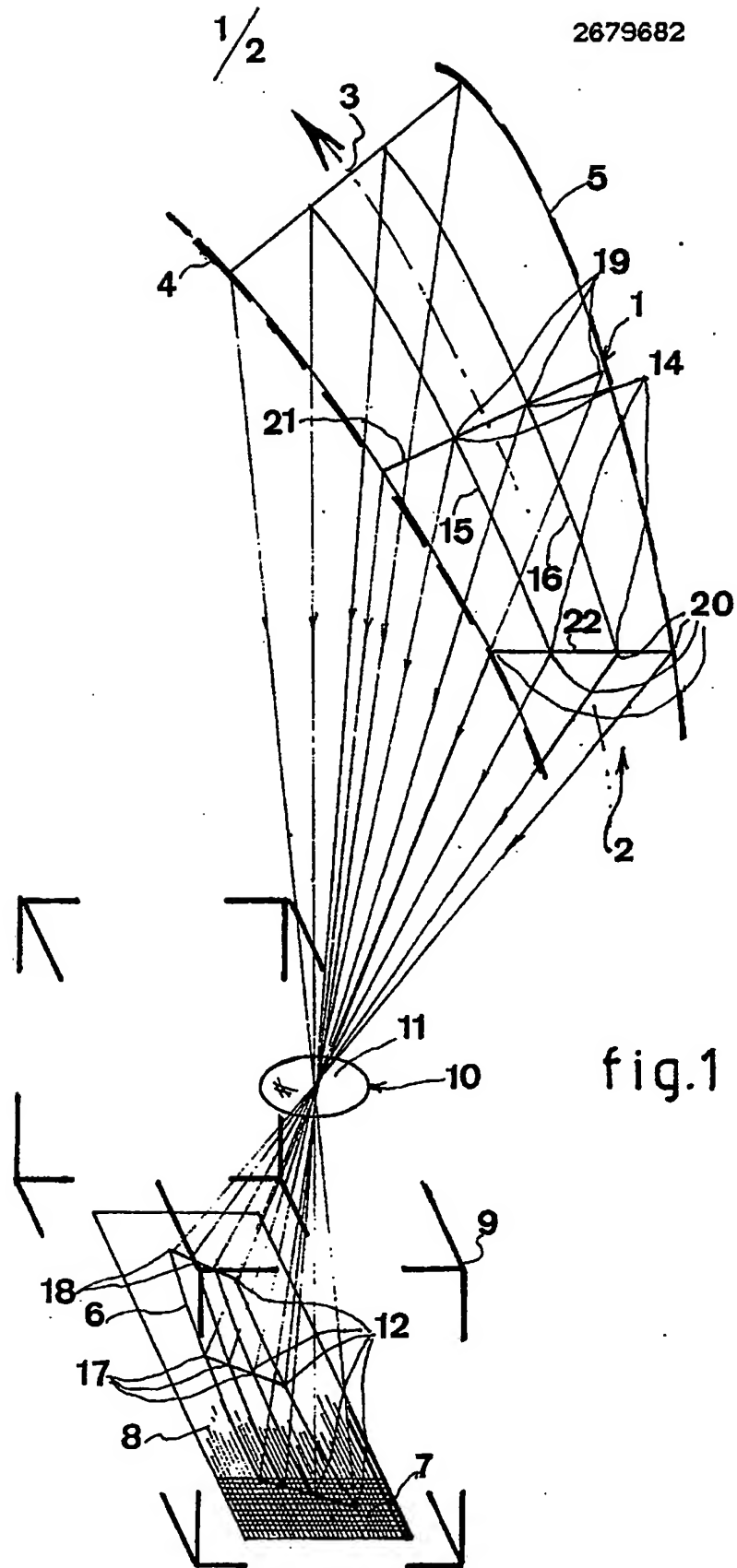
de chaque sous-groupe,

- à comparer, pour chaque sous-groupe, les moyennes ainsi obtenues, et

05 - à déduire, de cette comparaison, le changement de l'état d'occupation de la portion (1) de voie (2).

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé par le fait que la comparaison consiste à effectuer des différences entre lesdites moyennes.

10 6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que, à chaque point photosensible d'un sous-groupe est associé un coefficient multiplicateur de la valeur du signal émis par ce point, ce coefficient étant fonction de la probabilité de passage préférentiel des corps sur le point de la voie qui a pour image le point photosensible associé à ce coefficient.



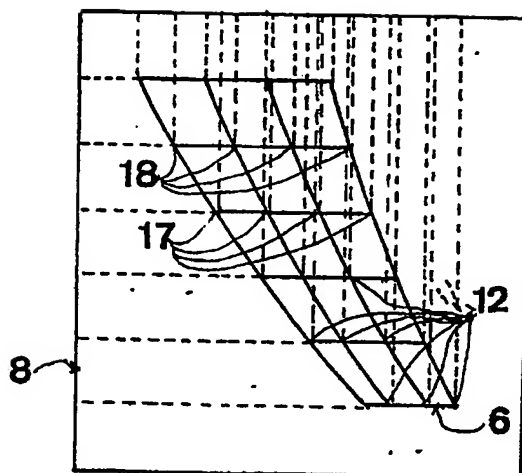


fig. 2

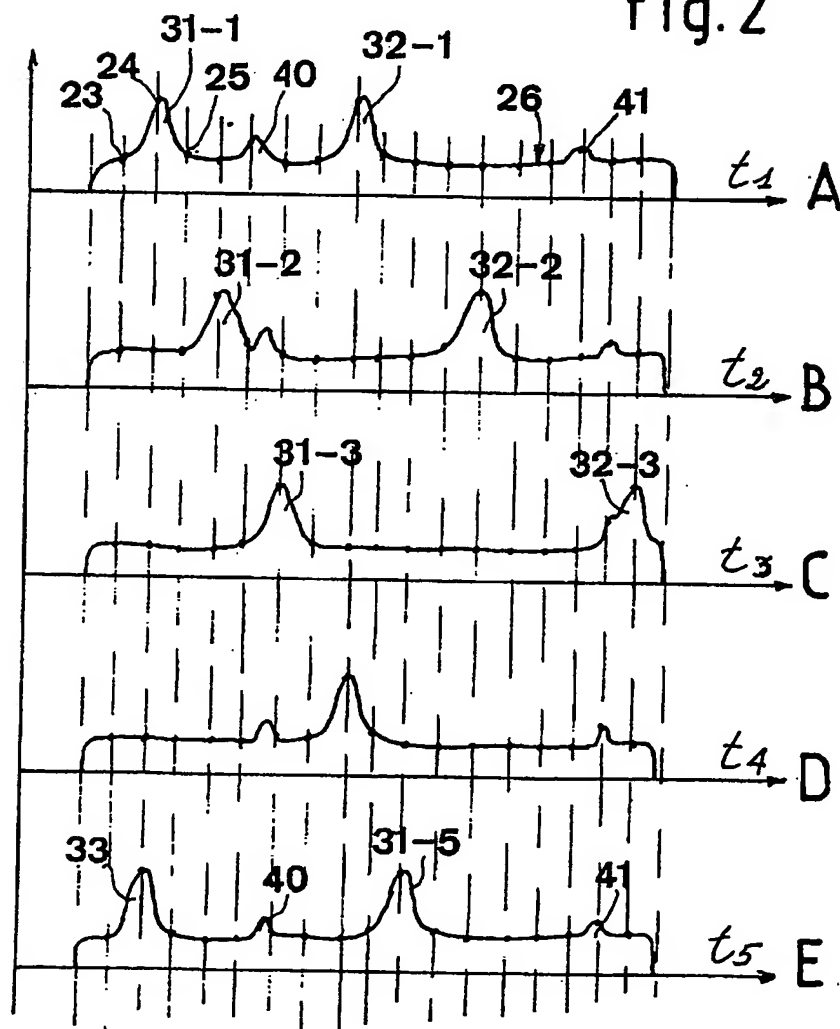


fig. 3

REPUBLIQUE FRANÇAISE

2679682

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FR 9109324  
FA 463316

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	WD-A-8 806 326 (REGENTS OF THE UNIVERSITY OF MINNESOTA) * le document en entier *	1-5
A	FR-A-2 204 841 (ETAT FRANCAIS) * le document en entier *	1
A	EP-A-0 403 193 (UNIVERSITY COLLEGE LONDON)	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		G08G
Date d'achèvement de la recherche 10 AVRIL 1992		Examinateur REEKMAN M. V.
<p><b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'un motif une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document interchangeable</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1  
EPO FORM 150 (04.82 (P0117))